

革新的な量子情報処理技術基盤の創出
2020 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

谷本 輝夫

九州大学 大学院システム情報科学研究院
助教

信頼性を持つ量子コンピュータ・アーキテクチャの研究

§ 1. 研究成果の概要

本研究は確率的に結果を出力することを特徴とする量子コンピュータを計算基盤として活用する際に必要となる、計算結果の信頼性、すなわち、再現性を量子コンピュータに獲得させるために必要となる技術の確立を目指す。また、これをコンピュータシステムとして見たときのトレードオフを探索し、量子処理のみならず、古典処理も含めたシステムのあるべき姿を探求することを目的とする。2021年度は、研究開発項目のうち、特に①シミュレーション・フレームワークの構築、②NISQ アルゴリズムを対象とした量子計算回数決定法の検討、③システムレベル・トレードオフ探索に取り組んだ。①シミュレーション・フレームワークの構築については、理化学研究所量子コンピュータ研究センターの客員研究員となり、超伝導量子コンピュータを用いたシミュレーション・フレームワークの検証実験に着手した。②NISQ アルゴリズムを対象とした量子計算回数決定法の検討については、ベイズ信用区間に基づく収束判定を応用し、NISQ アルゴリズムの中でも QAOA (Quantum Approximate Optimization Algorithm) に適用することを検討した。収束判定時のパラメータが持つ QAOA の最終解への影響を調査した。③システムレベル・トレードオフ探索については、極低温環境を要する量子コンピュータシステムのシステム・トレードオフ探索手法の確立に取り組んだ(ソウル国立大と共同)。極低温環境では、処理性能(スループット)のみならず、消費電力が極めて重要となるため、システムに必要な要素回路を実装する温度ステージの選択が重要な問題となる。超伝導回路である SFQ (Single Flux Quantum) 回路の中でも消費電力の小さい ERSFQ の活用が重要であることが分かった。さらに、本さがけ領域の採択研究者である鈴木氏と誤り耐性量子コンピュータ向けのデコーダに関する共同研究を開始し、量子コンピュータにおける古典回路のあり方について検討および実装を進めた。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Koki Ishida, Ilkwon Byun, Ikki Nagaoka, Kousuke Fukumitsu, Masamitsu Tanaka, Satoshi Kawakami, Teruo Tanimoto, Takatsugu Ono, Jangwoo Kim, and Koji Inoue, “Superconductor Computing for Neural Networks,” IEEE Micro, vol.41, no.3, pp.19-26, May-June 2021.
- 2) Iori Ishikawa, Ikki Nagaoka, Ryota Kashima, Koki Ishida, Kosuke Fukumitsu, Keitaro Oka, Masamitsu Tanaka, Satoshi Kawakami, Teruo Tanimoto, Takatsugu Ono, Akira Fujimaki, and Koji Inoue, “Design of Variable Bit-Width Arithmetic Unit Using Single Flux Quantum Device,” In Proceedings of International Symposium on Circuits & Systems 2022 (ISCAS ‘22), May 2022 (to appear).
- 3) Ilkwon Byun, Junpyo Kim, Dongmoon Min, Ikki Nagaoka, Kosuke Fukumitsu, Iori Ishikawa, Teruo Tanimoto, Masamitsu Tanaka, Koji Inoue, and Jangwoo Kim, “XQsim: Modeling Cross-Technology Control Processors for 10+K Qubit Quantum Computers,” In Proceedings of ACM/IEEE International Symposium on Computer Architecture (ISCA ‘22), Jun 2022 (to appear).